

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭61-15916

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)1月24日

C 21 D 8/00  
B 21 B 1/227047-4K  
7516-4E

審査請求 未請求 発明の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 熱間圧延鋼材の材質調整方法

⑯ 特 願 昭59-135296

⑰ 出 願 昭59(1984)7月2日

⑱ 発 明 者 河 野 治 大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内  
 ⑱ 発 明 者 高 橋 学 大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内  
 ⑱ 発 明 者 脇 田 淳 一 大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内  
 ⑱ 発 明 者 江 坂 一 彬 大分市大字西ノ洲1番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内  
 ⑲ 出 願 人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 矢 薺 知之 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

熱間圧延鋼材の材質調整方法

## 2. 特許請求の範囲

通常鋼を熱間圧延し、フェライトが生成する範囲で冷却停止して材質を調整する方法において、下記のフェライト粒度推定式を満足する熱間圧延条件、冷却速度、冷却停止温度を設定して目標材質を形成することを特徴とする熱間圧延鋼材の材質調整方法。

$$N_{\alpha} = A_1 + A_2 \times \log \epsilon'_{total} + A_3 \times \log(0.45 \times C_{eq} + 0.84) + A_4 \times \log Z + A_5 \times (\ln CR) + A_6 \times \log(CT + 273)$$

$N_{\alpha}$  : フェライト粒度番号  
 $C_{eq}$  : カーボン当量 (=  $C + Mn/6$ 、単位%)

CR : 冷却速度 ( $^{\circ}C/s$ )CT : 巻取温度又は冷却停止温度 ( $^{\circ}C$ )

Z : 最終パスのZener-Hollomonパラメーター

$$Z = \dot{\epsilon} \times \exp(Q/RT)$$

 $\dot{\epsilon}$  = 最終パスの歪速度 ( $sec^{-1}$ )

T = 最終パスの圧延温度 (K)

Q = 活性化エネルギー

$$= 75282.353 - 42745.098 \times C_{eq} \text{ (cal/mol)}$$

R = 気体定数

$$\epsilon'_{total} : \epsilon'_i = \epsilon_i \times \exp\left\{-\left(\frac{t_i}{\tau}\right)^k\right\}$$

$$k = 1.8 \times 10^{-5} \times \dot{\epsilon}_i^{0.38} \times \exp\left(\frac{20064}{RT}\right)$$

$$\tau = 2.66 \times 10^{-8} \times \exp\left(\frac{41300}{RT}\right)$$

$$\epsilon'_{total} = \sum \epsilon'_i$$

 $\epsilon_i$  = i パス目に加えられる歪 $\dot{\epsilon}_i$  = i パス目の歪速度 $t_i$  = i パスからパス終了までの時間

$A_1 \sim A_6$  : 定数 (統計的手法により決定される係数)

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は熱間圧延によって厚板及びホットストリップ等の鋼材を製造する方法に関するものである。

(従来の技術)

鋼材の材質は一般に組織で決まる項と粒径で決まる項とその他の強化機構の項の和で表示でき、例えば引張強さ(TS)については(1)式と書ける。

$$TS = \sigma_f \times V_f + \sigma_p \times V_p + \sigma_B \times V_B + \sigma_M \times V_M + a \times d_f^{-\frac{1}{2}} + \sigma_0 \quad \dots (1)$$

ここで $\sigma$ は強度を、 $V$ は体積率を、 $d$ は粒径を示し、 $f$ はフェライト、 $P$ はパーライト、 $B$ はベーナイト、 $M$ はマルテンサイトを示す。なお $a$ は定数であり、 $\sigma_0$ は析出強化加工硬化等の項である。

本発明はフェライト粒径を精度よく推定ないしは適中させる手段を提供するものである。従来フェライト粒径を推定する方法というのは全くないといっても過言ではない。強度の推定モデルにしても成分は当然としても熱間圧延終了温度と巻

取り又は冷却停止温度を変数にした簡単な重回帰モデルがあるばかりで、この中にもフェライト粒径という項目は入っていなかった。

このように非厳密なモデルで精度が悪いとしても使用に耐えたのは、従来の重回帰モデルはひとつの圧延工場での製品のみを対象とし、その製造条件も一定の加熱条件から圧延が開始され、(変態前のオーステナイト粒径を決める)圧延終了温度を含む圧延条件は製品厚から、また(変態挙動を支配する)冷却温度域や冷却速度も圧延終了温度と巻取温度から自動的に定まるという拘束下にあったからである。それゆえ従来のモデルは上記のような特定の場合にしか適用できない特殊なモデルであったというべきで、広汎に圧延条件やその後の冷却条件を変えることによって圧延材の材質の範囲を拡大しようという新時代の要請には応えられない。

例えば材質予測の従来技術としては特公昭58-2246があるが、これにしても組織の制御のみで粒径の制御は全くぬけている状態である。

ところが本発明者等が制御冷却の概念を基に実験・検討を重ねて追跡したところ、圧延及び冷却速度の制御によるフェライト粒径制御により幅広く材質を調整することが可能であり、かつフェライト粒径が把握できれば、従来方法では得られない精度で熱間圧延後の鋼材の材質が推定できることがわかった。

(発明が解決しようとする問題点)

本発明の目的は上記した知見をもとに、上記した従来の欠点をことごとく解消し、鋼材の材質を支配するその本質的な要因を制御して行なう革新的な熱間圧延鋼材の材質調整方法を提供することを目的とするものである。

(問題点を解決するための手段)

本発明は上記の目的を達成するため次のように構成している。すなわち

通常鋼を熱間圧延し、フェライトが生成する範囲で冷却停止して材質を調整する方法において、下記のフェライト粒度推定式を満足する熱間圧延条件、冷却速度、冷却停止温度を設定して目標材

質を形成することを特徴とする熱間圧延鋼材の材質調整方法。

$$N_{\alpha} = A_1 + A_2 \times \log \dot{\epsilon}'_{total} + A_3 \times \log(0.45 \times C_{eq} + 0.84) + A_4 \times \log Z + A_5 \times (\ln CR) + A_6 \times \log(CT + 273)$$

$N_{\alpha}$  : フェライト粒度番号

$C_{eq}$  : カーボン当量 ( $= C + Mn/6$ 、単位%)

$CR$  : 冷却速度 ( $^{\circ}C/s$ )

$CT$  : 巻取温度又は冷却停止温度 ( $^{\circ}C$ )

$Z$  : 最終パスのZener-Hollomonパラメーター

$$Z = \dot{\epsilon} \times \exp(Q/RT)$$

$\dot{\epsilon}$  = 最終パスの歪速度 ( $sec^{-1}$ )

$T$  = 最終パスの圧延温度 ( $K$ )

$Q$  = 活性化エネルギー

$$= 75282.853 - 42745.098 \times C_{eq} \text{ (cal/mol)}$$

$R$  = 気体定数

$$\dot{\epsilon}'_{total} : \dot{\epsilon}'_i = \dot{\epsilon}_i \times \exp\left\{-\left(\frac{\dot{\epsilon}_i}{\tau}\right)^k\right\}$$

$$k = 1.8 \times 10^{-5} \times \dot{\epsilon}_L^{0.38} \times \exp\left(\frac{20084}{RT}\right)$$

$$\tau = 2.66 \times 10^{-8} \times \exp\left(\frac{41300}{RT}\right)$$

$$\epsilon'_{total} = \sum_i \epsilon'_i$$

$\epsilon_L$  = i パス目に加えられる歪

$\dot{\epsilon}_L$  = i パス目の歪速度

$t_i$  = i パスからパス終了までの時間

$A_1 \sim A_6$  : 定数 (統計的手法により決定される係数)

である。

まず、フェライト粒径  $d_\alpha$  は (2) 式で表す。

$$d_\alpha = A \times \epsilon^p \times Z^m \times g_1(Ceq) \times g_2(CR) \times g_3(CT) \quad \dots (2)$$

ここで  $A$  は定数、 $p, m$  は指数、 $\epsilon$  は歪、 $Z$  は最終パスの Zener-Hollomon パラメーター ( $= \dot{\epsilon} \times \exp(Q/RT)$ ) である。 $g_1, g_2, g_3$  は関数を意味する。 $\epsilon$  については以下の補正を加える。

すなわち、温度が高くなるほど与えた歪より実質的に有効な歪は減ずるという考えに立ち、さらにパス間時間をも考慮して (3) 式の如く歪を補正

した。

$$\epsilon'_i = \epsilon_L \times \exp\left\{-\left(\frac{t_i}{\tau}\right)^k\right\} \quad \dots (3)$$

$\epsilon_L$  : 加えた真ひずみ

$\epsilon'_i$  : 補正した真ひずみ

$t_i$  : 時間 (i パスから最終パス終了までの時間)

$$k = 1.8 \times 10^{-5} \times \dot{\epsilon}_L^{0.38} \times \exp\left(\frac{20084}{RT}\right)$$

$$\tau = 2.66 \times 10^{-8} \times \exp\left(\frac{41300}{RT}\right)$$

$R$  : 1.987

$T$  : 絶対温度

(3) 式を用いて i パスの真歪が最終パスで  $\epsilon'_i$  となると考え、補正した歪のトータルを (3) 式の  $\epsilon'_{total}$  として求める。

$$\epsilon'_{total} = \sum_i \epsilon'_i \quad \dots (4)$$

次に  $g_1, g_2, g_3$  については次の式で求める。

$$g_1(Ceq) = (0.45 \times Ceq + 0.84)^p \quad \dots (5)$$

$$g_2(CR) = (2n \cdot CR)^q \quad \dots (6)$$

$$g_3(CT) = \left(\frac{1}{CT + 273}\right)^r \quad \dots (7)$$

ここで  $P, q, r$  は指数である。

(2) 式に (4), (5), (6), (7) 式を代入し、両辺対数をとると、 $d_\alpha$  から  $N_\alpha$  (フェライト粒度番号) に変換できて (8) 式が得られる。

$$N_\alpha = A_1 + A_2 \times \log \epsilon'_{total} + A_3 \times \log(0.45 \times Ceq + 0.84) + A_4 \times \log Z + A_5 \times (\ln CR) + A_6 \times \log(CT + 273) \quad \dots (8)$$

更に最小 2 乗法で係数を決定して (9) 式となる。

$$N_\alpha = 9.059 + 2.096 \times \log \epsilon'_{total} + 49.415 \times \log(0.45 \times Ceq + 0.84) + 0.521 \times \log Z + 0.573 \times \log(\ln CR) - 1.717 \times \log(CT + 273) \quad \dots (9)$$

式の寄与率は  $R^2 = 0.909$ ,  $\hat{\sigma} = 0.35$  であった。式の寄与率から明らかなように本発明方法によると、極めて高い精度でフェライト粒径を推定することができる。

なお、本発明でいう冷却停止温度とは、コイル

状に鋼板を巻取るときは、巻取り時の温度・板状のままの時は冷却終了時の温度を指す。

(作用)

本発明によってフェライト粒径を求め、これを (1) 式に代入することによって得られる材質を指定し、これをもとに、必要材質から必要なフェライト粒径を (1) 式から求めるとともに、そのフェライト粒径をつくり出す圧延条件、冷却条件を (2) 式から求めることによって効率よく、歩留よく、必要な材質の鋼材を製造することができるのである。

(実施例)

次に本発明の 1 実施例を表 1 に示す。表 1 からわかるように本発明によれば、非常によい精度でフェライト粒径を算出できることがわかる。

これによって既述のごとく、このフェライト粒径と材質の関係、例えば (1) 式を用いることによって材質予測をするか、あるいは必要材質から必要フェライト粒度を求め、それを達成する圧延条件、冷却条件を (2) 式により求め、これにより

目標の製品の実製造が可能となることが明らかとなった。

表 1 実施例

No	C (%)	Mn (%)	圧延開始温度 °C	圧延終了温度 °C	巻取り又は冷却停止温度 (°C)	冷却速度 (°C/s)	圧延速度 (m/s)	パー厚 (mm)	仕上げ厚 (mm)	指定粒度番号	実験粒度番号
①	0.16	1.20	890	817	458	45	13.3	28	2.0	12.0	12.2
②	0.18	1.20	910	800	556	47	10.0	28	2.0	12.4	12.4
③	0.18	1.20	956	802	475	71	10.0	45	2.0	12.7	12.5
④	0.08	0.40	920	835	560	76	25.0	28	2.0	10.5	10.3
⑤	0.09	0.40	830	785	100	76	10.0	51	2.0	10.8	10.9
⑥	0.07	0.26	990	880	680	38	3.2	50	11.9	8.5	8.4
⑦	0.13	0.59	980	875	655	18	8.7	47	5.9	9.7	9.4
⑧	0.19	0.80	990	875	840	53	14.2	34	3.0	10.9	10.7
⑨	0.13	0.53	970	880	450	48	14.0	34	3.0	10.6	10.6
⑩	0.08	0.33	990	885	450	46	13.4	34	3.0	10.5	10.5

## (発明の効果)

以上の説明から明らかなように圧延条件、冷却条件がいかに変化しても本発明によると必要な材質を得るに必要なフェライト粒度を精度よく推定することが可能であり、かつまた生成したフェライト粒度から材質を推定でき、その結果鋼材の熱間圧延における材質推定精度が大幅に向上するので、きわめて効率のよい熱間圧延が可能となって歩留りの向上、コストの低減等の大きな効果が得られる。

特許出願人 代理人

弁理士 矢 野 知 之

(ほか1名)